

## PALEOMAGNETIC AND MAGNETIC ANISOTROPY RESULTS FROM MIOCENE SEDIMENTS OF CENTRAL AND WESTERN SERBIA

Vesna Lesić<sup>1</sup>, Emő Márton<sup>2</sup>, Vesna Cvetkov<sup>3</sup>, Slobodan Knežević<sup>4</sup>, Dragana Tomić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Republic Geodetic Authority, e-mail: vesna.lesic@rgz.gov.rs, dragana.tomic@rgz.gov.rs <sup>2</sup>) Geological and Geophysical Institute of Hungary, e-mail: paleo@mfgi.hu, <sup>3</sup>) University in Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Geophysics, e-mail: vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs <sup>4</sup>) University in Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Geology, e-mail: slobodan.knezevic@rgf.bg.ac.rs

**Key words:** anisotropy of magnetic susceptibility, Badenian and Pannonian-Pontian sediments, paleomagnetism, Serbia

### INTRODUCTION

In this paper we are presenting a combined paleomagnetic and magnetic susceptibility anisotropy study carried out on 133 independently oriented samples collected from 11 geographically distributed localities (Fig. 1). The samples were drilled and oriented in situ from clay rich lake sediments of pre-Late Badenian and Pannonian-Pontian age and from Early-Mid Badenian marine clay. The principal aims were to find out if the area studied was involved in large scale displacement during or after the time covered by the samples and if the sediments were affected by ductile deformation during young tectonic movements.

### METHODS

The samples were cut into standard-size specimens and the natural remanent magnetization of each sample was measured. This was followed by magnetic susceptibility anisotropy measurements, then stepwise demagnetization of sister specimens of selected samples, one with alternating field, the other with thermal method (accompanied by the monitoring of the magnetic susceptibility) till the magnetic signal was lost. Thermal demagnetization provided better results, thus this method was employed for the rest of the samples. The demagnetization curves were analyzed for linear segments (Kirschvink 1980) and the segments were subjected to statistical evaluation on locality level (Fisher 1953). Overall-mean paleomagnetic directions were computed from the in situ locality mean directions as well as from those after tilt corrections in order to find out if the magnetizations were obtained in the horizontal position of the strata or after tilting. In some cases, the anisotropy of the magnetic susceptibility was re-measured after certain thermal demagnetization steps. Magnetic mineralogy experiments included the stepwise isothermal magnetization (IRM) of selected specimens and the stepwise thermal demagnetization of the 3-component IRM (Lowrie 1990).

### RESULTS AND DISCUSSION

The laboratory paleomagnetic analysis provided well-defined demagnetization curves, with typically single component natural remanence (NRM) for seven localities. The NRM signal decayed at an early stage of thermal demagnetization (275-350°C), and the susceptibility started to increase dramatically in the range of 320-400°C. This behaviour is typical for magnetic iron sulphides. Localities 2 and 4 are exceptions, with stable susceptibility and NRM signal up to 475 or 575°C, indicating that the carrier of the NRM is magnetite. The specimens from the remaining four exhibited unstable behaviour, thus were disregarded from further evaluation.

The localities with stable paleomagnetic signal provided statistically well-defined locality mean directions. On tilt corrections, the scatter of the locality mean directions significantly increased for the coeval localities as well as for the whole population of Miocene localities. The overall-mean direction is practically the same before and after tilt corrections, but the statistical test proves that the sediments obtained NRM in the already tilted positions. In other words, we have to conclude that the magnetizations of the studied sediments are younger than the stratigraphic ages. This is so, despite of

the mixed polarity of the data on which the overall mean is based (five localities of normal and two of reversed polarity) and the positive reversal test, both before and after tilt corrections.

Nevertheless, the overall-mean direction is valuable for tectonic interpretation and suggests that the study area did not rotate significantly in the Pliocene or later, as the most probable time of the tilting was Pliocene.

The magnetic anisotropy measurements provided information about the magnetic fabrics of the studied rocks. As typical for sediments, the degree of magnetic anisotropy was low, the magnetic fabric dominated by magnetic foliation, parallel to the bedding plane, due to compaction. Magnetic lineation, which can be due to water flow or deformation was observed for localities 1a, 4, 5, 6, and 7b, but it is difficult to say which of the previously mentioned mechanism is responsible for it. However, it is possible that the magnetic lineation for locality 7b is due to deformation, for it is aligned with the E-W tectonic line detected in the area. A notable exception to the above characterized magnetic fabric was locality 3, with dominant lineation, perpendicular to the bedding plane. As we suspected that the inverse fabric was due to the presence of the paramagnetic siderite, the magnetic anisotropy was measured immediately at the start of the increase of the susceptibility (beginning of the decomposition of an iron mineral), and at 500°C. At the start of the decomposition the fabric of some of the specimens became normal sedimentary, and at the higher temperature, all specimens lost their inverse fabric. This experiment provided us with information about an iron mineral which is important from the viewpoint of the environment of deposition, but is not possible to identify with the standard magnetic mineralogy experiments. The reason is that siderite is not a ferromagnetic, but a paramagnetic mineral, unable to carry paleomagnetic signal, yet may decompose to iron oxides, producing secondary magnetization.

#### ACKNOWLEDGMENT

Financial support from Serbian-Hungarian Academy exchange program entitled 'Comparative study of geological evolution of the Dinarides and the Pannonian Region', from the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA, Project number K105245), from the Ministry of Science and Education of Serbia (Project number 176016) is acknowledged.

#### REFERENCES:

- Fisher, R. (1953): Dispersion on the sphere. *Proceedings of the Royal Society of London*, 217: 295-305.
- Kirschvink, J. L. (1980): The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62: 699-718.
- Lowrie, W. (1990): Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophysical Research Letters*, 17: 159-162.

## ПАЛЕОМАГНЕТСКИ РЕЗУЛТАТИ И РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА АНИЗОТРОПИЈЕ МАГНЕТСКЕ СУСЦЕПТИБИЛНОСТИ МИОЦЕНСКИХ СЕДИМЕНАТА ЦЕНТРАЛНЕ И ЗАПАДНЕ СРБИЈЕ

Весна Лесић<sup>1</sup>, Emő Márton<sup>2</sup>, Весна Цветков<sup>3</sup>, Слободан Кнежевић<sup>4</sup>, Драгана Томић<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Републички геодетски завод, e-mail: vesna.lesic@rgz.gov.rs, dragana.tomic@rgz.gov.rs <sup>2)</sup> Geological and Geophysical Institute of Hungary, Palaeomagnetic Laboratory, e-mail: paleo@mfgi.hu, <sup>3)</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Катедра за геофизику, e-mail: vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs, <sup>4)</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Катедра за историјску геологију, e-mail: slobodan.knezevic@rgf.bg.ac.rs

**Кључне речи:** анизотропија магнетске суспендибилности, баденски и панон-понтски седименти, палеомагнетизам, Србија

### УВОД

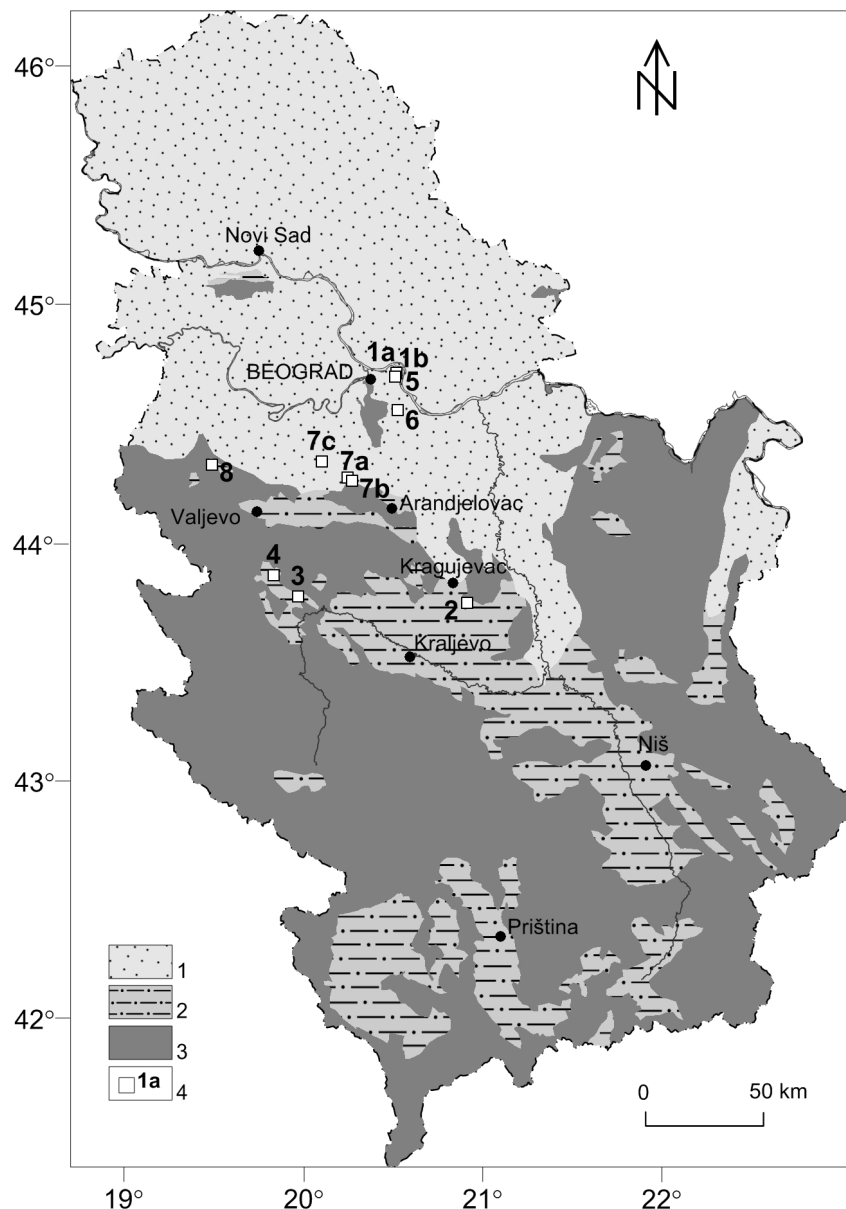
У овом раду су представљена комбинована палеомагнетска истраживања и мерења анизотропије магнетске суспендибилности, обављена на 133 независно оријентисана језгра са 11 географски широко распоређених локалитета (сл. 1). Узорци језерских седимената богатих глином пре-доње баденске старости и панон-понтске старости и морских глина старије-средње баденске старости су избушени и оријентисани "in situ". Основни циљ истраживања је био да се сазна да ли је проучавано подручје било захваћено измештањем великих размера током или после временског периода обухваћеног старошћу узорака и да ли је млада пластична деформација током млађих тектонских покрета утицала на испитиване седimente.

### МЕТОДЕ

Језгра су исечена на узорке стандардних димензија и природна реманентна магнетизација (ПРМ) је измерена на сваком узорку. Потом је измерена анизотропија магнетске суспендибилности, а затим су "сестре" узорци подвргнути корак по корак демагнетизацији, један демагнетизацији у наизменичном магнетном пољу а други термалној демагнетизацији (уз праћење магнетске суспендибилности) док се магнетски сигнал није изгубио. Термална демагнетизација је дала боље резултате, те је ова метода примењена на преостале узорке. Обрада дијаграма демагнетизације је извршена линеарном анализом (Kirschvink, 1980) а добијени сегменти су подвргнути статистичкој анализи на нивоу локалитета (Fisher, 1953). Како би сазнали да ли су издвојене магнетизације настале у време док је слој био хоризонталан или након убирања. Општи средњи палеомагнетски правци су израчунати из "in situ" средњег правца на нивоу локалитета као и из праваца после примене корекције за тектонику. У појединим случајевима, анизотропија магнетске суспендибилности је поново мерена после одређених корака термалне демагнетизације. За одређивање магнетичних минерала примењени су експерименти стицања изотермалне реманентне магнетизације (ИРМ) корак по корак на изабраним узорцима као и корак по корак термална демагнетизација тро-компонентне ИРМ (Lowrie, 1990).

### РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Лабораторијска палеомагнетска истраживања на седам локалитета су дала добро дефинисане криве демагнетизације, на којима се уочава само једна компонента ПРМ. Сигнал ПРМ је опао у раној фази термалне демагнетизације (275-300°C), док је суспендибилност почела нагло да расте у опсегу од 320-400°C. Овакво понашање је типично за магнетичне гвожђе сулфиде. Локалитети 2 и 4 су изузетак са стабилном суспендибилношћу и сигналом ПРМ до 475 или 575°C, указујући да је носиоц ПРМ магнетит. Узорци са остала четири локалитета су показала нестабилно палеомагнетско понашање те су због тога одбачени из даље евалуације.



(Сл. 1) Упростиена геолошка карта Србије са локалитетима палеомагнетског узорковања. Легенда: 1: подручје распрострањења панона и језера Паратетис, 2: интранонтански језерски басени, 3: пре миоценске творевине, 4: локалитети палеомагнетског узорковања

(Fig. 1) Simplified geological map of Serbia with paleomagnetic sampling localities. Legend: 1: distribution area of Pannon and lake Paratethys, 2: inter-mountain lake basins, 3: pre-Miocene formations, 4: paleomagnetic sampling localities

Локалитети са стабилним палеомагнетским сигналом су дали статистички добро дефинисан средњи правац на нивоу локалитета. После примене корекције за слој, разилажење средњих праваца на нивоу локалитета је знатно повећано за локалитете исте старости као и за целу популацију миоценских локалитета. Општи средњи правац је практично исти пре и после поправки за тектонику, али статистички тест сигурности показује да су седименти стекли ПРМ након убирања. Другим речима, можемо да закључимо да је магнетизација проучаваних седимената млађа од њихове стратиграфске старости, без обзира на мешовити поларитет података на којима се заснива општи средњи правац (пет локалитета се одликује нормалним а два са реверсним поларитетом) и позитиван теста реверзије, како пре тако и после корекције за слој. Издвојени општи средњи правац је значајан за тектонску интерпретацију јер указује да

проучавано подручје није значајно ротирало у плиоцену или касније а највероватније време убирања је било плиоцен.

Мерење анизотропије магнетске суцептибилности је пружио информацију о магнетском склопу проучаваних стена. Степен магнетске анизотропије је низак (што је карактеристично за седиментне стене), а магнетским склопом доминира магнетска фолијација паралелна равни слојевитости као последица компакције. Магнетска линеација која је уочена код локалитета 1а, 4, 5, 6 и 7б може бити последица воденог тока или деформације, мада је тешко рећи који је од ових механизма одговоран за њен настанак. Склони смо ставу да је магнетска линеација код локалитет 7б последица деформације, јер је колонеарна са тектонским линеаментом пружања И-З уоченим у испитиваној области. Значајан изузетак је био локалитет 3, са доминантном линеацијом нормалном на раван слојевитости. Пошто смо предпоставили да је инверзан склоп можда последица присуства парамагнетичног сидерита, магнетска анизотропија је измерена у тренутку када је магнетска суцептибилност почала да расте (почетак распадања гвожђевитог минерала) и на 500°C. На почетку распадања, магнетски склоп појединих узорака постао је очекивана за седименте док су на вишим температурама сви узорци изгубили инверзни склоп. Овај експеримент нам је дао информацију о гвожђевитом минералу значајном са становишта средине депоновања, а којег није било могуће идентификовати стандардним експериментима за одређивање магнетичних минерала. Разлог овогоме лежи у чињеници да сидерит није феромагнетичан него парамагнетичан минерал, неспособан да носи палеомагнетски сигнал, који тек распадањем у гвожђе оксид производи секундарну магнетизацију.

## ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је делимично финансиран по програму размене између Академија наука Србије и Мађарске под називом "Comparative study of geological evolution of the Dinarides and the Pannonian Region", од стране Мађарског Истаживачког фонда (ОТКА, Пројекат број K105245) и од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Пројекат број 176016.

## LITERATURA:

- Fisher, R. (1953): Dispersion on the sphere. *Proceedings of the Royal Society of London*, 217: 295-305.  
Kirschvink, J. L. (1980): The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 62: 699-718.  
Lowrie, W. (1990): Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercitivity and unblocking temperature properties. *Geophysical Research Letters*, 17: 159-162.